

◆ 環境影響評価特集 ◆

高架道路の裏面反射音の予測計算手法

木村健治* 上坂克巳** 大西博文***

1. はじめに

道路事業の環境アセスメントでは、騒音の影響を評価の対象としている。今まで、多くの評価が行われてきており、この結果をもとに対策が行われてきた。しかし、平面道路上に高架道路が併設された道路(以下、平面・高架併設道路という)に、遮音壁による対策を行ったケースでは、予測した騒音低減効果が得られないことがあり、問題となっていた。この原因を調べると、高架裏面からの反射音が原因であることがわかった。

このため、高架裏面反射音の対策手法や予測手法について研究が行われた。対策手法としては、高架裏面へ吸音板を設置することが考えられた。吸音性能の高い吸音板が多数開発され、建設技術評価制度により評価された。また、予測手法については、ASJ Model 1998(1998年に日本音響学会により開発された道路交通騒音予測モデル)に、高架裏面反射音の予測式が示された。しかし、この予測式は、遮音壁を両側に設置するような条件を計算の対象としていない。

そこで今回、遮音壁を有する平面・高架併設道路の騒音予測手法を検討した。代表的なケースとして、高架裏面が平滑で、遮音壁と高架裏面が吸音性のものを考えた。これについて、縮尺模型による実験値と予測計算値を比較・検討したところ、簡易で実用的な予測手法を取りまとめたので報告する。

2. 模型実験

図-1のような遮音壁が平面道路に設置された平面・高架併設道路について考える。この条件において、音源を受音点からみて平面道路の手前側の車線に設置した場合と、奥側の車線に設置した場合について縮尺模型実験を行い、受音点

での騒音レベルを測定した。

なお、模型の縮尺は1/20で、高架裏面の形状は平滑面とした。また、点音源を平面道路上の、左右の遮音壁から5m(実物換算)内側の、手前側又は奥側の車線に相当する位置に設置した。

模型実験では、吸音材料として厚さ3mmのフェルトを用いた。この材料について道路交通騒音の代表的な周波数範囲(実物換算で400Hz~2kHz)においてA特性による聴感補正(低周波及び高周波について、人間に聞こえにくい音の評価を下げて補正すること)を行った平均斜入射吸音率の測定値(入射角0度~60度)は0.90であり、裏面吸音板に必要とされる高い吸音性能を満たしている。

実験では、ジェットノイズ(圧縮空気を利用して音を発生させる装置)これを、道路の延長方向に設置した。なお、ジェットノイズの中心の高さは実物換算で0.15m)を利用した点音源から、一定の大きさで定常的な広帯域ノイズを放射した。この音をマイクロホンで受け、周波数分析器で10秒間エネルギー平均することで騒音レベルを得た。周波数範囲は2,000~50,000Hz(実物換算で100~2,500Hz)を対象とした。

また、地面からの反射の影響を排除して測定した、音源のA特性によるパワーレベル(音源が放射するエネルギーを、人が聞き取ることのできる最小の音のエネルギーで除したものとの対数を10倍したもの)は137dBであった。

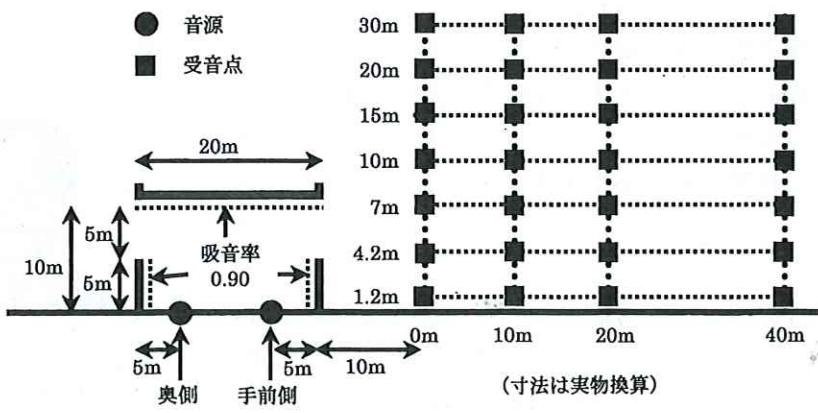


図-1 道路断面および音源と受音点の配置

3. 予測計算

3.1 反射音の経路について

本研究では、吸音材（吸音率 0.90）を設置した面で 2 回以上反射した音は、反射時におけるエネルギーの損失が 20dB 以上（元のエネルギーの 1/100 以下）になるため無視できると考えた。

このため、受音点での騒音レベルは、吸音面（高架裏面、及び遮音壁内側）に入射しない経路と、吸音面で 1 回だけ反射する経路についてのみ計算を行い、それらの寄与を合成して求めた。なお、具体的な反射経路は図-2 に示す 8 つである。

3.2 計算式について

表-1 に示す経路について、 i （図-2 の丸数字に対応）番目の経路まで考慮したときの受音点での騒音レベル L_{pA} は、式(1)により表される。

$$L_{pA} = 10 \log_{10} \{ \sum 10^{L_{pA,i}/10} \} \quad (1)$$

ここで、 L_{pA} ：受音点での騒音レベル (dB)

$L_{pA,i}$ ： i 番目の伝搬経路による騒音レベルの寄与 (dB)

また、 $L_{pA,i}$ は式(2)～(5)で計算する（なお、 $\Delta L_{1,i}$ 、 $\Delta L_{2,i}$ 、 $\Delta L_{3,i}$ 、 $\Delta L_{4,i}$ についてはスリット法¹⁾により計算する）。

$i = 1, 5$ のとき

$$L_{pA,i} = L_{WA} - 8 - 20 \cdot \log_{10} r_i - \Delta L_{1,i} \quad (2)$$

$i = 2, 6$ のとき

$$L_{pA,i} = L_{WA} - 8 - 20 \cdot \log_{10} r_i - (\Delta L_{1,i} + \Delta L_{2,i}) + 10 \log_{10}(1 - \alpha_2) \quad (3)$$

$i = 3, 7$ のとき

$$L_{pA,i} = L_{WA} - 8 - 20 \cdot \log_{10} r_i - (\Delta L_{1,i} + \Delta L_{3,i}) + 10 \log_{10}(1 - \alpha_3) \quad (4)$$

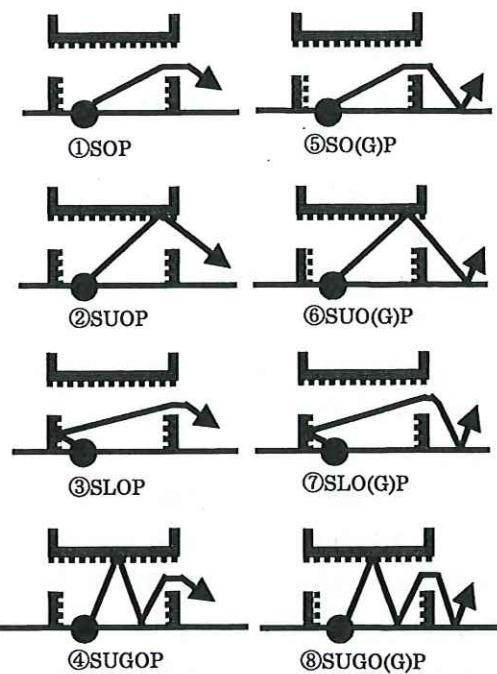
$i = 4, 8$ のとき

$$L_{pA,i} = L_{WA} - 8 - 20 \cdot \log_{10} r_i - (\Delta L_{1,i} + \Delta L_{2,i} + \Delta L_{4,i}) + 10 \log_{10}(1 - \alpha_2) \quad (5)$$

ここで、

L_{WA} ：自動車走行騒音の A 特性パワーレベル (dB)

r_i ： i 番目の伝搬経路における音源から受音点までの距離 (m)



S : 音源 O : 開口部 P : 受音点 U : 高架道路裏面
L : 奥側遮音壁 G : 高架下の地面 (G) : 受音点側の地面
なお、⑤～⑧は、①～④に受音点側の地面による反射音を加えたもの

図-2 8 つの伝搬経路

$\Delta L_{1,i}$ ：高架裏面と右側の遮音壁の開口部を通過する際の減音量 (dB)

$\Delta L_{2,i}$ ：高架裏面で反射する際の減音量 (dB)

$\Delta L_{3,i}$ ：左側の遮音壁で反射する際の減音量 (dB)

$\Delta L_{4,i}$ ：地面反射における減音量 (dB)

α_2 ：高架裏面の吸音率 ($\alpha_2=0.9$)

α_3 ：左側の遮音壁の吸音率 ($\alpha_3=0.9$)

4. 実験値と計算値の比較

4.1 考慮すべき伝搬経路の検討

予測計算に必要な伝搬経路を検討するために、次のケース A からケース C の場合について実験値と計算値の比較を行った。

ケース A. 経路①(開口部からの回折音 SOP のみ) を考慮

ケース B. 経路①～④(開口部からの回折音 SOP と反射音(受音点側で地面反射する経路 (G) を除く)) を考慮

ケース C. 経路①～⑧(開口部からの回折音 SOP と反射音(受音点側で地面反射する経路 (G) を含む)) を考慮

なお、音源は手前側よりも奥側に設置したほうが、反射音の影響が大きかった。このため、音源

を奥側に設置した場合についてのみ記述する。

(1) コンターによる比較

実験値と計算値について、騒音の広がりを調べるために、全受音点での騒音レベルのコンター（音源：奥側）を作成した。これについて、実験値と計算値を比較する。

1) ケース A(経路①を考慮した場合)

高さ 10m から 20m までは概ね整合が取れている。しかし、高さ 10m 以下の領域や、高さ 20m 以上の官民境界付近での差が目立つ（図-3）。

2) ケース B(経路①～④を考慮した場合)

ケース A に比べ、高さ 10m 以下の官民境界付近や、高さ 20m 以上の官民境界付近において差が縮小している（図-4）。

3) ケース C(経路①～⑧を考慮した場合)

ケース B に比べ、高さ 10m 以下の領域で差が縮小している（図-5）。

(2) 官民境界における実験値と計算値の比較

考慮する伝搬経路を増やすことで、官民境界における実験値と計算値の差がどのように変化するかを調べた（図-6）。

1) ケース A(経路①を考慮した場合)

高さ 7m から 20m では、差の絶対値が 1dB に収まっている。しかし、高さ 1.2m では 13.7dB、高さ 30m では 7.6dB となっており、これらの箇所では、実験値に比べ計算値がかなり小さくなっている。

2) ケース B(経路①～④を考慮した場合)

高さ 1.2m では差が 3.6dB、高さ 30m では 2.4dB となっており、ケース A に比べ差が縮小している。

3) ケース C(経路①～⑧を考慮した場合)

高さ 1.2m では差が 0.6dB となっている。全体的にケース B よりも差が縮小している。

(3) 高さ 1.2m における実験値と計算値の比較

(2) と同様に、高さ 1.2m での実験値と計算値の差を調べた（図-7）。

1) ケース A(経路①を考慮した場合)

4 箇所すべての点で差が 5dB 以上となっている。特に官民境界での差が大きい。

2) ケース B(経路①～④を考慮した場合)

官民境界において差が縮小している。ただし、官民境界から 10m の箇所では差が 8.2dB となっ

ており、依然として差が大きい箇所がある。

3) ケース C(経路①～⑧を考慮した場合)

官民境界から 10m の箇所では、差が 5.9dB となった。全体的にケース B よりも差が縮小している。

(1) から (3) の結果より、経路を加えることで騒音レベルの差が縮小していることがわかる。また、受音点側の地面で反射する経路（経路⑤～⑧）の影響も大きく、予測計算では、これらの経路も無視できないことがわかる。

4.2 伝搬経路の簡略化の検討

伝搬経路を 1 つずつ加えたときに、騒音レベルがどのように変化するかを調べた。まず、受音点ごとに実験値と計算値の差の絶対値を高さ方向（官民境界上の受音点）と水平方向（高さ 1.2m の受音点）で、それぞれ平均したものを見表-1 に示す。この表から 6 番目の経路まで

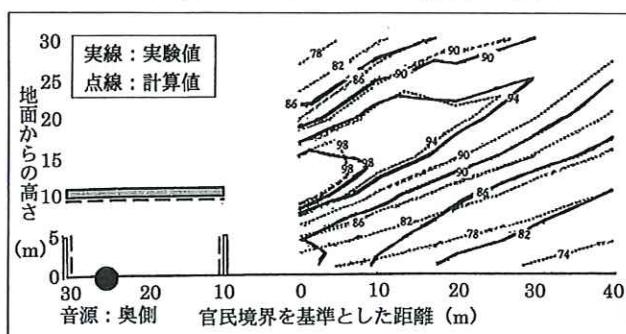


図-3 騒音レベルのコンター（経路①）

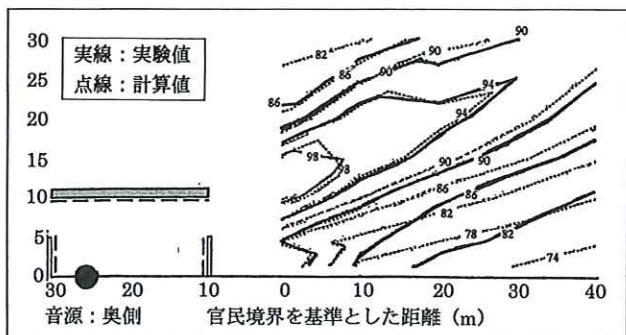


図-4 騒音レベルのコンター（経路①～④）

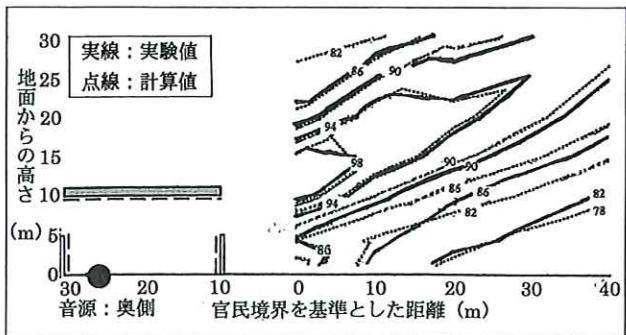


図-5 騒音レベルのコンター（経路①～⑧）

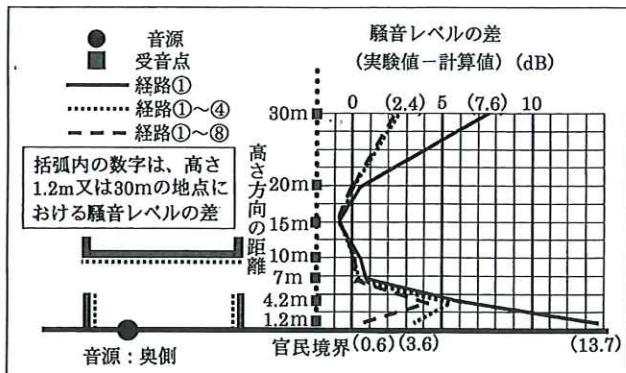


図-6 官民境界における実験値と計算値の差のグラフ

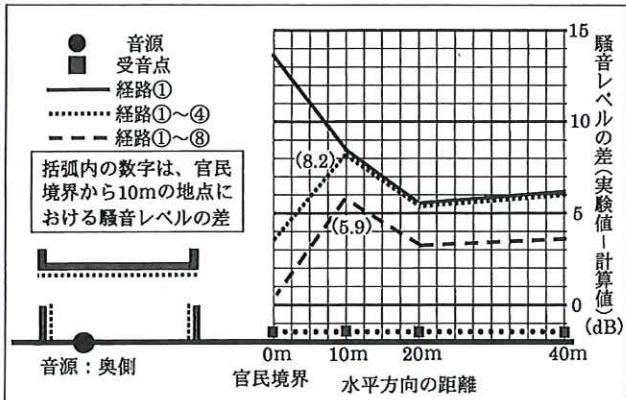


図-7 高さ 1.2m における実験値と計算値の差のグラフ

表-1 実験値と計算値の差の絶対値の平均

経路	音源：奥側		音源：手前側	
	高さ 方向	水平 方向	高さ 方向	水平 方向
① SOP	4.3	8.5	2.6	5.6
② +SUOP	2.8	5.9	2.6	5.6
③ +SLOP	2.6	5.8	2.1	5.4
④ +SUGOP	1.8	5.8	2.1	5.4
⑤ +SO(G)P	1.7	4.1	1.6	2.9
⑥ +SUO(G)P	1.2	3.4	1.6	2.9
⑦ +SLO(G)P	1.2	3.3	1.6	2.9
⑧ +SUGO(G)P	1.2	3.3	1.6	2.9

・その経路を加えたことで値が変化した場合は太字で示す。
 ・+の記号はその経路の騒音レベルの寄与を加算していくことを示す。

考慮すれば、数値がほぼ収束していることがわかる。6番目の経路まで考慮したときの差の平均は、高さ方向で 1.2dB と 1.6dB、水平方向で 3.4dB と 2.9dB となっており、おおむね整合がとれている。

このことから、予測計算は表-1に示す経路のうち①から⑥までの経路を考慮する必要があり、また、一般的な平面・高架併設道路の沿道の騒音レベルは、これらの経路の騒音レベルを合成することでおおむね予測できると考えられる。

5. まとめ

今回は、高架裏面及び遮音壁に吸音性の材料を使用した平面・高架併設道路について騒音レベルの予測方法の検討を行った。表-1に示す8つの伝搬経路の音のうち、6つを合成することにより求めた予測計算結果は、縮尺模型実験の結果とおおむね整合がとれていた。

6. 今後の課題

高さ方向に比べ水平方向の計算値と実験値の差がやや大きくなっている。この原因については、直接音と反射音の干渉の影響や、多重回折の計算方法の誤差等が考えられる。今後、この原因を明確にし、改善を行う必要がある。

また、今回対象とした平面・高架併設道路の開口部は 5m であるが、これが狭くなると多重反射音の影響が大きくなると考えられる。この場合でも、6つの伝搬経路の音を合成することで、騒音レベルを予測できるかを検証する必要がある。

参考文献

- 日本音響学会道路交通騒音調査研究委員会：道路交通騒音の予測モデル “ASJ Model 1998”，日本音響学会誌，55巻4号，pp.281-324, 1999.

木村健治*



建設省土木研究所環境部
交通環境研究室研究員
Kenji KIMURA

上坂克巳**



同 交通環境研究室
主任研究員、工博
Dr.Katsumi UESAKA

大西博文***



同 交通環境研究室長
Hirofumi OHNISHI